

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 内部

学号: 200330033

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

无线自组网通信系统 MAC 层设计

Implementation of MAC layer in
Wireless Ad hoc Communication System

夏 龙 根

指导教师姓名: 陈辉煌 教授

石江宏 博士

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2006 年 05 月

论文答辩时间: 2006 年 月

学位授予日期: 2006 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2006 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

无线自组织网络是近年来无线通信的研究热点，其组网方便、移动性强、支持业务种类多、传输速率高、维护方便的特点，使其无论是在军用还是民用上都得到了很大发展。本文正是基于某军工自组网装备项目，以自组网 MAC 层为研究对象，从协议的设计到协议的实现来展开工作的。

首先根据系统传输层和网络层的体制要求，设计了自组网 MAC 层的接入协议和数据通信协议。针对传输层是 TDMA 的多址接入体制特性，本文提出了采用时隙互同步的 TDMA 同步方式，在基于全网统一的时间基准参考点上，每个节点分布式控制收发时隙的起始位置，达到全网节点的时隙互同步。此外，论文通过分析、论证和仿真，选取了一种抗干扰能力很高的时延调整算法，实现了全网时间基准参考点的获取。

其次阐述了 MAC 层协议的软件硬件实现。采用 FPGA 和 MPC850 组成的嵌入式系统，由 FPGA 完成业务数据和控制信令的组包和拆包，以及数据速率的匹配、TDMA 时隙控制和数据收发缓存处理；由 MPC850 完成对协议软件状态机的计算和控制；通过合理设计和控制软件和硬件的协同工作，由软件控制、硬件执行各种协议状态机动作，完成 MAC 层的协议控制，从而实现了 MAC 层协议。

最后，介绍了系统的调试方法和调试结果。通过 MAC 层的控制信道自环和业务信道自环，证明了软件和硬件对信令和业务数据的处理是正确的；通过共享式 HUB 完成 MAC 层的点对点、点对多点组网调试，证明协议状态机运行状况良好，时隙互同步能够实现；通过与传输层等其他分系统的联机调试成功，证明 MAC 层系统能够与其他分系统组成整机，且系统运行状况良好。

关键词： 自组织网；MAC 层；TDMA；时隙互同步

厦门大学博士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

During the past decade, wireless ad hoc networks have become progressively more and more popular in both military and civil areas, which due to its distinguishing characteristics as following: strongly network constructing, highly mobility, rapidly transmission, various services supporting, conveniently maintenance, and etc. This thesis is based on the design and implementation of ad hoc MAC protocols.

First of all, access protocol and data communication protocol are designed in ad hoc MAC layer, according to the requirements in both transport layer and network layer. Due to the TDMA mechanism in transport layer, this thesis proposes the TDMA slot synchronization based on mutual reference. Via this technique, the slot of every node can be adjusted to a stable location by distributed controlling protocol, on the basis of a reference time in the global network. By analysis and simulation, a delay adjusting algorithm with highly anti-jamming capability is addressed, achieving the reference time in the whole network.

Secondary, both the software and hardware implementations of the MAC protocol are presented. This embedded system consists of FPGA and MPC850. The functions of FPGA are packing & unpacking the TCH pack and DCCH pack, matching the data rate, timing for TDMA controlling, and buffering the transceiver data. Besides, controlling and calculating the FSM (finite state machines) of the software protocol are realized on MPC850. By cooperating the software with the hardware, various actions of the state machines can be controlled by the MAC layer, thus MAC layer protocol is completed.

Finally, this thesis presents the debug methods and results of this system. By self-looping of the TCH and the DCCH on MAC layer, our software and hardware protocols dealing with the message and data are proved to be quite right. Moreover, debugging on unicast or multicast construction is accomplished by HUB sharing. The performance of FSM is all right, and the mutual reference based slot synchronization could be realized. Besides, combined operations with other subsystems like transport layer success, which confirms an entire system composed of this MAC layer system and other subsystems, and the performance works quite well.

Key Words: Ad hoc, MAC, TDMA, Mutual-Reference based Slot Synchronization

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第 1 章 绪 论	1
§1.1 自组网功能概述	1
§1.2 自组织网接入技术	2
§1.2.1 接入协议概述	2
§1.2.2 常见的自组网 MAC 协议介绍	5
§1.2.3 常见 MAC 协议的分析比较	7
§1.3 课题研究意义	9
§1.4 论文结构和内容安排	10
第 2 章 自组网 MAC 层的协议设计	11
§2.1 随机接入协议	11
§2.2 时隙同步协议	13
§2.2.1 时隙的互同步技术	14
§2.2.2 时延调整协议	20
§2.3 链路监测协议	24
§2.3.1 连通表的建立	24
§2.3.2 连通表的维护	26
§2.4 数据广播协议	27
§2.5 本章小结	29
第 3 章 自组网 MAC 层的协议实现	30
§3.1 协议信令设计	30
§3.1.1 协议信令的描述	30
§3.1.2 协议信令的编码	31
§3.1.3 协议信令的传送	32
§3.2 协议的软硬件实现	33
§3.2.1 软硬件的任务划分	33
§3.2.2 硬件电路设计	34
§3.2.3 软硬件的协同工作	47

§3.3 本章小结	53
第 4 章 自组网 MAC 层的调试.....	54
§4.1 MAC 层自环调试.....	54
§4.1.1 数据处理自环测试	54
§4.1.2 点对点组网测试	57
§4.2 点对多点对接调试.....	59
§4.3 系统联机调试	63
第 5 章 总结和展望	64
§5.1 所完成的工作	64
§5.2 后期工作展望	65
参考文献.....	67
致 谢	70

Catalog

Chapter 1 Preface.....	1
§1.1 Introduction to Ad hoc Networks	1
§1.2 Introduction to MAC Protocols.....	2
§1.2.1 Summary of MAC Protocol	2
§1.2.2 MAC Protocols for Ad hoc Networks	5
§1.2.3 Performance analysis for Ad hoc MAC protocols	7
§1.3 Research Purpose	9
§1.4 Thesis Contents Arrangement	10
Chapter 2 Designing of Ad hoc MAC Protocols	11
§2.1 Random Access Protocol	11
§2.2 Slot Synchronization Protocol	13
§2.2.1 Mutual-Reference Based Slot Synchronization	14
§2.2.2 Slot Synchronization Protocol Based on Mutual-Reference	20
§2.3 Radio Link Monitor Protocol	24
§2.3.1 Establishment of Adjacent Matrix	24
§2.3.2 Management for Adjacent Matrix	26
§2.4 Broadcast Protocols	27
§2.5 Summary.....	29
Chapter 3 Implementation of MAC Protocols	30
§3.1 Implementation for Signalling	30
§3.1.1 Description for Protocol Signalling	30
§3.1.2 Coding and Decoding for Protocol Signalling	31
§3.1.3 Transmission of Protocol Signalling	32
§3.2 Implementation of Protocol with Software & Hardware	33
§3.2.1 Assignment for Software & Hardware	33
§3.2.2 Implementation Circuits	34
§3.2.3 Cooperation Between Software and Hardware	47
§3.3 Summary.....	53
Chapter 4 Debuging for MAC Protocols	54
§4.1 Self Cycle Debug in MAC Layer	54

§4.1.1 Self-Loop Debug for TCH	54
§4.1.2 Point to Point Debug in MAC Layer	57
§4.2 Point to Multiple Points Debug	59
§4.3 System Debug	63
Chapter 5 Summary.....	64
§5.1 Summary of this Dissertation	64
§5.2 Future Work	65
References	67
Acknowledgments	70

第1章 绪 论

移动自组网 (MANET, Mobile Ad hoc Networks), 是由一系列带有无线收发装置的动态节点所组成的一种多跳临时性自治系统。其前身是由美国国防部提出的一种分组无线网络。自组网移动终端具备路由功能, 可以通过无线连接构成任意的网络拓扑。^[1]这种网络可以独立工作, 也可以与 Internet 或无线蜂窝网络连接。具有许多网络形式所没有的特点, 有着非常广泛的应用前景, 是近年来无线通信领域研究的热点课题之一。

§ 1.1 自组网功能概述

与传统的移动通信系统相比, 自组网具有以下特点:^[2]

- 1、分布性: 各节点组成分布式的网状网络, 网内各节点间的网络地位对等, 一般不存在控制中心或主控节点。在不影响网络其他其它节点正常通信的情况下, 每个节点可以随机地入网或退网。
- 2、独立性: 网络节点自组成网, 可以不依赖现有的通信设施, 或人为的干预来辅助组建网络和完成通信功能。
- 3、移动性: 节点支持低速率的移动通信或准移动通信, 能够适应网络拓扑的实时变化, 即支持动态拓扑可重构功能。
- 4、能量受限: 节点一般采用背负式或手持式的设计形式, 电源一般采用电池供电, 所以网络节点的能量受限, 节点一般支持休眠模式。
- 5、多跳转发: 由于能量受限, 单个节点的通信范围受限, 一般在几公里范围以内。网内节点间要实现通信, 信息一般需要经过两跳或多跳的传递转发, 才能由源节点传送到目的节点。

自组网不需要固定的结构设施, 各个节点可自由移动, 且能实现动态的连接。特别是其具有生存能力强, 创建与移动方便的特点, 能够弥补蜂窝系统与有线网络的不足。可广泛用于国防战备、灾难援助、法律执行等无法得到有线网络支持的场所; 也可用于某些临时需要通信, 但建立有线网络代价太大的环境, 如信息家电互连, 城市车辆通信, 机器人间通信, 临时会场, 野外作业通信场所等; 也可作为生存性极强的后备网络, 如救灾通信系统, 或作为无线局域网的扩展等。^[3]

在我们的日常生活中，自组网也有着广泛的应用。智能家庭无线网络就是其应用场所之一。家庭无线网络用于支持家庭内部及其周围的各种通信设备、电子设备和家电设备的通信和互连，例如用户可以通过 PDA 查询电脑中的信息、观测室内温度，并控制调节空调，或者访问 Internet 等。智能家庭网络则可用来帮助用户完成部分或大多数的事情，例如可以监视人员的活动，调节灯光或温度并发出告警来扶助残疾人的生活，等等。将众多家电设备系统联成对等结构的 Ad Hoc 无线网络，设备间是对等智能通信，不需要中心节点的协调，可以采用多跳路由来节省能量，很适合家庭网络中设备的移动性低的要求，且不需过多考虑网络的移动性限制。家庭网络当前得到 Home RF 工作组的积极推荐，它已经开发了一个开放的、组合了集中式和对等式网络结构的工业标准。^[1]

在未来战争条件下，中小型的战术互联网，要求在网络开通和运行过程中，网络能在正常情况进行有中心站的分级组网。而在中心站受到摧毁或者损坏的情况下，要求各个用户站也能够进行无中心站的自组成网。中小型自组织网络必须能够适应网络的动态拓扑变化，如节点进行战术机动、链路受到干扰与阻塞等，以及功率受限等多变的战场通信环境，必须具备灵活、机动、抗毁、自愈等特点，而自组网通信系统能很好的满足这些要求。

本文就是针对自组网无线通信系统中 MAC (Media Access Control) 层的协议设计及软件硬件实现而展开研究和开发的。

§ 1.2 自组织网接入技术

原则上，无线通信系统的 MAC 层主要功能和基本操作原理和有线通信系统没有本质的区别，一般都是提供无线介质访问功能，网络连接管理、数据的验证和保密功能。由于与有线系统所采用的传输媒体不同，而媒体访问控制 (MAC) 不能不和媒体有关，无线自组网的 MAC 协议必须考虑与所有无线传媒相关的一些特定问题，使其在与无线信道有关的差错控制、隐藏终端问题的解决，特别是接入控制等方面有别于有线通信系统^{[4][5]}。

§ 1.2.1 接入协议概述

信道接入技术是自组网 MAC 层的关键技术之一，它控制节点接入无线信道的方式，对自组网的网络性能起着决定性的作用。自组网所处的无线信道不同于普通

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库